

Riflessioni sulla viabilità forestale e opere connesse a supporto delle iniziative per la predisposizione dei decreti attuativi del Testo Unico in materia di Foreste e Filieri Forestali

Stefano Grigolato ⁽¹⁾,
Enrico Marchi ⁽²⁾,
Andrea Laschi ⁽²⁾,
Raffaele Cavalli ⁽¹⁾

Considerations on forest road networks and related works to support the implementation of the operative guidelines of the consolidated law on forests and forest chains

The forest road network provides access to the forest area to facilitate the conservation, the management and the value of forest ecosystems. In the case of poor design as well as poor or absent maintenance, the forest road network can cause significant environmental impacts, which can result in erosion and sedimentation, landslides, effects on flora and fauna and landscape impacts. In order to avoid such impacts, the road network must be planned, built and maintained in a correct and adequate way according to the environment in which the same roads are inserted. As consequence, the present paper would like to propose some considerations about forest road functions, definitions as well as in term of standard design and planning to support the implementation of the operative guidelines of the recent consolidated law on forestry.

Keywords: Forest roads, Forest management, Forest operations, Ecological impacts

Introduzione

La viabilità forestale e le opere connesse (piazzole di scambio, piazzali di inversione, piazzali di deposito, imposti) rientrano tra le infrastrutture al servizio delle attività forestali (Hippoliti 1976) e in termini più ampi alle agro-silvo-pastorali (Cielo et al. 2003). In particolare gli interventi di pianificazione, realizzazione, adeguamento e manutenzione di queste infrastrutture, sono incluse nelle attività di gestione forestale così come indicato nel d.lgs. 34/2018 Testo Unico in materia di Foreste e Filieri Forestali - TUFF (art. 7, comma 1).

Per viabilità forestale si intende (art. 3, comma 2, lettera f del d.lgs. 34/2018) “la rete di strade, piste, vie di esbosco, piazzole e opere forestali aventi carattere permanente o transitorio, comunque vietate al transito ordinario, con fondo prevalentemente non asfaltato e a carreggiata unica, che interessano o attraversano le aree boscate e

pascolive, funzionali a garantire il governo del territorio, la tutela, la gestione e la valorizzazione ambientale, economica e paesaggistica del patrimonio forestale, nonché le attività di prevenzione ed estinzione degli incendi boschivi”.

Funzioni della viabilità forestale e delle opere connesse

Alla viabilità forestale (strade e piste) e alle opere connesse è riconosciuto il merito di agevolare lo svolgimento delle attività necessarie a preservare, gestire e valorizzare le foreste e l'ambiente in generale (Calvani et al. 1999). Le principali funzioni esercitate dalla viabilità forestale sono:

- agevolare lo svolgimento delle attività di sorveglianza e monitoraggio;
- agevolare la gestione forestale in sicurezza;
- agevolare la realizzazione e manutenzione delle opere di sistemazione idraulico-forestale e difesa idrogeologica;
- agevolare la fruizione ai servizi ecosistemici legati alle attività turistico-ricreative delle aree forestali;
- agevolare le attività di prevenzione ed estinzione degli incendi boschivi;
- agevolare le attività di protezione civile;
- agevolare i soccorsi e gli interventi di emergenza sanitaria nelle aree forestali, ed inoltre di:
- essere funzionale e di raccordo alla gestione delle unità produttive agricole e pastorali collocate all'interno e in continuità con le superfici forestali.

Con specifico riferimento alle utilizzazioni forestali, la viabilità forestale e le opere connesse permettono di:

- agevolare l'accesso alla foresta a chi ci lavora ed alle attrezzature;
- agevolare le operazioni complementari sul legname utilizzato ivi comprese il suo temporaneo stoccaggio, carico e trasporto;
- agevolare gli interventi tempestivi di recupero e ripristi-

□ (1) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova, v. dell'Università 16, I-35020 Legnaro (PD); (2) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze, v. San Bonaventura 13, Firenze

@ Stefano Grigolato (stefano.grigolato@unipd.it)

Ricevuto: Jun 25, 2019 - Accettato: Aug 28, 2019

Citazione: Grigolato S, Marchi E, Laschi A, Cavalli R (2019). Riflessioni sulla viabilità forestale e opere connesse a supporto delle iniziative per la predisposizione dei decreti attuativi del Testo Unico in materia di Foreste e Filieri Forestali. *Forest@* 16: 49-55. - doi: [10.3832/efor3175-016](https://doi.org/10.3832/efor3175-016) [online 2019-09-02]

Editor: Marco Borghetti



Fig. 1 - Strada forestale di recente costruzione (2017-2018) e prontamente utilizzata per il recupero del legname danneggiato a seguito della tempesta Vaia di fine ottobre 2018. La presenza della strada ha limitato di fatto la lunghezza delle piste forestali di esbosco, contenendo il fenomeno di erosione e il rischio compattamento del suolo (Altopiano dei Sette Comuni, Veneto).

no delle foreste danneggiate da eventi abiotici e biotici (Fig. 1).

Impatti della viabilità forestale e delle opere connesse

La viabilità forestale e le opere connesse, nel caso di progettazione scadente, scarsa o assente manutenzione e abbandono, possono causare impatti ambientali anche significativi, che si traducono in fenomeni erosivi e di sedimentazione, frane, effetti sulla flora e sulla fauna e impatti paesaggistici (Marchi & Spinelli 1997). Al fine di evitare tali impatti la rete viabile deve essere pianificata, progettata, costruita e mantenuta in modo corretto ed adeguato all'ambiente in cui l'opera è inserita (Fig. 2) e ai differenti sistemi di fruizione che si prevede dovrà assolvere

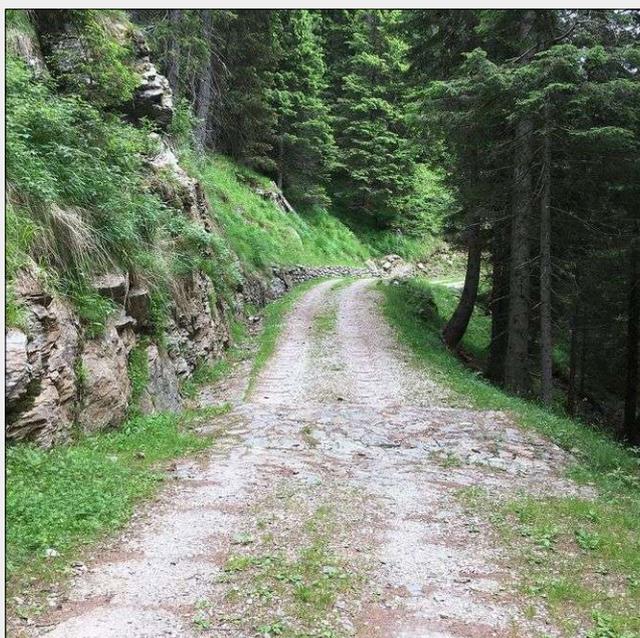


Fig. 2 - Stato di conservazione di una strada forestale adatta al transito di autocarri dopo 10 anni dalla sua realizzazione (Catena del Lagorai, Trentino).

(Grigolato et al. 2013, Sitzia et al. 2016).

Risulta inoltre rilevante fornire chiare indicazioni sul divieto al transito ordinario e sulle eventuali deroghe ammesse anche alla luce delle molteplici interpretazioni presenti sia a scala nazionale sia livello locale (Chelazzi & Brachetti Montorselli 2009).

Attuale contesto normativo regionale

L'attuale normativa regionale relativa alla viabilità forestale appare articolata:

- 12 Regioni/Province riportano definizioni di viabilità più o meno dettagliata (Abruzzo, Campania, Emilia Romagna, Friuli-Venezia Giulia, Lazio, Liguria, Lombardia, Piemonte, Toscana, Provincia autonoma di Trento, Umbria, Veneto);
- 10 Regioni/Province riportano definizioni e dimensioni di viabilità (Abruzzo, Campania, Emilia Romagna, Friuli-Venezia Giulia, Lazio, Lombardia, Piemonte, Toscana, Provincia autonoma di Trento, Umbria);
- 9 Regioni/Province NON riportano definizioni di viabilità, in alcuni casi viene citata all'interno di una legge senza definirla (Basilicata, Calabria, Marche, Molise, Puglia, Sardegna, Sicilia, Provincia autonoma di Bolzano, Valle d'Aosta). Sicilia e Sardegna hanno leggi forestali recenti (2016) dove viene menzionata, ma non definita la viabilità, il Molise ha in revisione una bozza di legge quadro forestale dal 2015 dove sono riportati definizioni e dimensioni della viabilità;
- in alcuni casi viene fatta una distinzione anche tra opere a carattere "temporaneo" e "permanente".

Le definizioni e le dimensioni date dalla normativa quindi non si presentano uniformi e talvolta divergono in modo significativo tra le Regioni/Province.

Indirizzi per le infrastrutture a supporto della gestione forestale

La costruzione di strade, piste e altre infrastrutture può essere causa di impatti ambientali dovuti alla loro apertura (Fig. 3) e/o mancata gestione (Fig. 4 - Blosler et al. 2012). Per tale motivo, la realizzazione, l'adeguamento e la manutenzione di una rete viabile di accesso alle aree forestali devono tenere in considerazione le molteplici funzioni che le contraddistinguono e i diversi modi in cui i differenti portatori di interesse vi accedono (Cavalli et al.



Fig. 3 - Tornante di nuova realizzazione per strada adatta al transito di autotreni (Carinzia, Austria).



Fig. 4 - Strada forestale con iniziale erosione del piano viario a seguito di mancanza di manutenzione dei sistemi di deflusso delle acque meteoriche (Altopiano dei Sette Comuni, Veneto).

2010, Laschi et al. 2016), nonché opportuni dettagli tecnici e di progettazione finalizzati a contenere gli impatti diretti e indiretti. Ne consegue che la riduzione dei rischi ambientali connessi all'apertura di infrastrutture forestali richiede l'adozione sia di misure preventive, nelle fasi di pianificazione, progettazione e costruzione, sia protettive, in fase di manutenzione e adeguamento (Lugo & Gućinski 2000). Le misure preventive e di protezione sono da preferire a quelle di ripristino, eseguite a seguito di problemi o dissesti, che si rivelano spesso assai più costose sia in termini economici sia ambientali. La principale forma di prevenzione è rappresentata quindi da un'attenta valutazione dell'opportunità di costruire nuove infrastrutture (Cavalli et al. 2010, Hayati et al. 2013, Picchio et al. 2018).

Il presente lavoro ha lo scopo di condividere alcune riflessioni generali sul tema della viabilità forestale e delle opere connesse, sviluppate nell'ambito dei Gruppi di Lavoro SISEF "Tecnologia del legno e utilizzazioni forestali" e "Infrastrutture, risorse umane e innovazione per la gestione forestale sostenibile".

In particolare, sono trattati i seguenti aspetti: Funzioni della viabilità forestale e opere connesse; Definizioni relative alla viabilità forestale e opere connesse; Requisiti minimi degli standard progettuali e costruttivi; Carattere temporaneo o permanente delle infrastrutture; Pianificazione e monitoraggio; Impostazione di una banca dati della viabilità forestale complementare alla cartografia forestale nazionale.

Funzioni della viabilità forestale e opere connesse

Come evidenziato in diversi lavori (Calvani et al. 1999, Cielo et al. 2003, Cavalli et al. 2013, Ciesa et al. 2014, Laschi et al. 2016), nel corso degli anni le funzioni attribuite alla viabilità forestale ed alle opere connesse sono via via aumentate. In tal senso appare opportuno definire in maniera univoca tali funzioni in modo da poterle facilmente considerare, sulla base di criteri oggettivi, in ambito di pianificazione, progettazione e realizzazione.

Definizioni relative alla viabilità forestale e opere connesse

Tradizionalmente, in ambito di viabilità forestale vengono distinte la rete viabile principale e la rete viabile secondaria. La rete viabile principale è caratterizzata da strade a fondo artificiale o comunque migliorato (Fig. 5), percorribili da mezzi di trasporto pesanti e dotata di opere progettate per garantirne la stabilità dei versanti e per la regolazione delle acque (Hippoliti 1976, 1998).

La rete viabile secondaria è formata da vie di esbosco, cioè da piste a fondo naturale che richiedono minimi in-

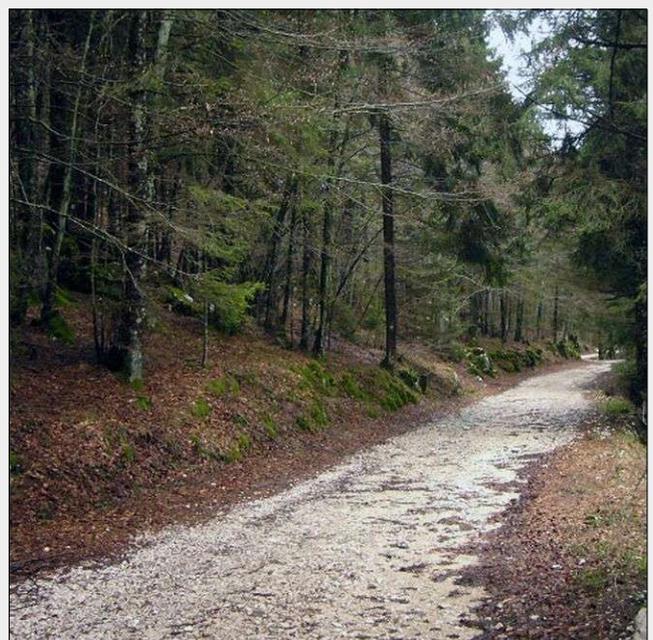


Fig. 5 - Strada forestale con fondo artificiale percorribile da mezzi di trasporto pesanti.



Fig. 6 - Pista forestale principale a fondo naturale realizzata con un minimo intervento di stabilizzazione e regolazione delle acque.

interventi di stabilizzazione e regimazione delle acque (Fig. 6). All'interno di queste due macro-categorie vengono poi definite diverse tipologie di viabilità, camionabili e trattorabili nel caso delle strade (rete viabile principale) e principali e secondarie nel caso delle piste (rete viabile secondaria).

Allo stato attuale, le definizioni presenti nelle Leggi regionali o provinciali per le diverse tipologie di infrastrutture risultano diverse tra loro. Un'armonizzazione dei principali termini usati per i diversi elementi della viabilità e delle opere connesse appare fondamentale per evitare fraintendimenti nella gestione, pianificazione, progettazione e



Fig. 7 - Pista forestale temporanea utilizzata esclusivamente per le attività in corso di esbosco di legname.

realizzazione delle opere; infatti, la definizione dovrebbe tener conto che la viabilità forestale è utilizzata non solo per la gestione forestale, ma anche per interventi di emergenza, soccorso e protezione civile, nonché per la gestione delle unità produttive agricole e pastorali in continuità con le superfici forestali. Ne consegue che la viabilità forestale può anche essere utilizzata da mezzi che a volte si differenziano, per esigenze di manovra e percorribilità, da quelli impiegati nella gestione forestale (Ciesa et al. 2014).

Requisiti minimi degli standard progettuali e costruttivi della viabilità forestale

Così come per le definizioni, anche per le dimensioni degli elementi costruttivi ci sono valori e criteri diversificati nelle diverse regioni. Appare quindi opportuna un'armonizzazione dei valori e criteri minimi a livello nazionale e in relazione alla diversa tipologia di mezzi che possono transitare.

All'armonizzazione degli standard progettuali e costruttivi dovrebbe seguire anche l'armonizzazione sulla presentazione degli elaborati di progetto (Regione Piemonte 2016), sia nel caso di nuova viabilità che di interventi di manutenzione straordinaria. Questa impostazione potrebbe agevolare la valutazione da parte degli uffici proposti sulla qualità tecnica, economica e ambientale dei progetti.

Sarebbe quindi auspicabile, data l'importanza e il ruolo della viabilità forestale per la gestione e salvaguardia del patrimonio forestale, di un coordinamento e cabina di regia tra le Regioni/Province anche sugli aspetti progettuali, costruttivi e di manutenzione.

Carattere temporaneo o permanente delle infrastrutture

In alcuni casi la normativa attuale distingue le infrastrutture in opere temporanee e opere permanenti, di solito in riferimento alle vie di esbosco temporanee come piste di esbosco temporanee (Fig. 7) e opere connesse come gli impianti di lavorazione e deposito temporaneo del legname. L'uso del termine "temporaneo" si riferisce in modo chiaro e univoco all'uso di questi tracciati e opere connesse, che una volta aperti o riattivati vengono utilizzati per le attività in corso e poi messi a riposo e non utilizzati fino al successivo intervento di gestione forestale.

Questo può permettere di limitare l'impatto delle utilizzazioni future alle superfici che hanno già risentito del transito delle macchine (Cambi et al. 2015), preservando in questo modo il suolo forestale nelle aree circostanti della superficie forestale.

Allo stato attuale, però, tra le diverse Regioni/Province, la definizione di temporaneità delle infrastrutture viarie non è chiara, né univoca. Ne deriva quindi l'esigenza di chiarire, in modo oggettivo, la definizione di infrastrutture temporanee e i loro parametri dimensionali, nonché la definizione e l'entità degli interventi ammessi per la loro realizzazione e riattivazione (ad esempio movimenti terra). I parametri e gli interventi ammessi dovrebbero tener conto delle diverse tipologie di macchine e sistemi di lavoro attualmente impiegati nelle operazioni di esbosco, ma anche della loro evoluzione nel tempo (Enache et al. 2016, Cavalli & Amishev 2019). Si ritiene inoltre opportuno introdurre, dato che si tratta di piste su fondo naturale e all'interno della superficie forestale, delle linee guida per la loro pianificazione e per il contenimento degli impatti al suolo e soprassuolo (Fig. 8).

Una tempestiva definizione dei parametri delle infrastrutture viarie e delle opere connesse a carattere temporaneo è quindi richiesta per dare effettiva funzionalità alle opere temporanee senza compromettere la sostenibilità della gestione forestale.

Pianificazione e monitoraggio

Nell'ambito della gestione forestale, la pianificazione delle infrastrutture è di cruciale importanza per valorizzare i servizi ecosistemici e raggiungere gli obiettivi gestionali e di conservazione del patrimonio forestale (Marchi et al. 2018). Troppo spesso negli ultimi anni la pianificazione della rete viabile forestale si è limitata ad ambiti aziendali o di singola proprietà, portando all'apertura di tracciati inadeguati dal punto di vista tecnico, con densità eccessiva (dovuta a sovrapposizioni delle aree servite) e più costosi dal punto di vista economico e ambientale (Heinimann 2017). Un approccio corretto richiede un'analisi tecnica, economica, sociale e ambientale a livello di "area vasta" (Grigolato et al. 2017).

Nella pianificazione della viabilità forestale è opportuna l'applicazione di metodologie o modelli di pianificazione integrata che consentano di valutare la sostenibilità tecnico-economica ed ambientale delle opere (Cavalli et al. 2010, Laschi et al. 2016, Picchio et al. 2018). Attualmente sono disponibili metodologie, linee guida e metodi di indagine che consentono di valutare: (i) l'introduzione di nuove opere o la dismissione controllata di opere esistenti; (ii) la sostenibilità economica, ambientale e sociale di nuove opere. L'applicazione di modelli di pianificazione non può prescindere da un attento studio dell'area interessata con specifico riferimento sia alla condizione idrologica e geolitologica che ai problemi di stabilità dei versanti, soprattutto nelle aree a notevole rischio di frane. In fase progettuale non deve inoltre mancare una valutazione ed un confronto tra diverse ipotesi di viabilità forestale (analisi degli scenari - Cavalli & Grigolato 2010).

Infrastrutture forestali e piani forestali di indirizzo territoriale

Il TUFF, all'art. 6 comma 5 riporta "Le Regioni, nel rispetto dell'interesse comune, garantiscono e curano l'applicazione dei piani forestali di indirizzo territoriale, anche attraverso le forme di sostituzione diretta o di affidamento della gestione previste all'articolo 12. Con i piani forestali di indirizzo territoriale, le regioni definiscono almeno:

[... Omissis...]

d) gli interventi strutturali e infrastrutturali al servizio del bosco, compresa la localizzazione della rete di viabilità forestale di cui all'articolo 9, e le azioni minime di gestione, governo e trattamento necessari alla tutela e valorizzazione dei boschi e allo sviluppo delle filiere forestali locali;"

Successivamente all'Art. 6, comma 6 è indicato: "Per l'approvazione dei piani di gestione forestale, qualora conformi ai piani forestali di indirizzo territoriale di cui al comma 3, non è richiesto il parere del Soprintendente per la parte inerente la realizzazione o l'adeguamento della viabilità forestale di cui al punto A.20 dell'Allegato A del decreto del Presidente della Repubblica 13 febbraio 2017, n. 31."

Questo approccio nel TUFF è ritenuto cruciale per lo sviluppo di infrastrutture forestali. In particolare in tale ambito bisognerebbe considerare:

- il contenimento dell'estensione complessiva della rete viaria a quanto effettivamente necessario in relazione alla necessità di accessibilità per il raggiungimento degli obiettivi gestionali, la messa in sicurezza delle aree e la



Fig. 8 - Disposizione della ramaglia lungo una pista forestale temporanea come buona pratica per contenere il compattamento del suolo a seguito del transito di mezzi forestali.

gestione delle emergenze;

- la scelta di tracciati che assecondando la topografia del terreno, minimizzano il rischio di erosione e fenomeni di innesco anche localizzato e riducano al minimo il numero di attraversamenti del reticolo idrografico;
- una progettazione che tenga correttamente in considerazione il deflusso delle acque piovane e di intercettazione dei versanti e di una adeguata capacità portante del fondo stradale in relazione al transito dei mezzi per cui è progettata.

Infrastrutture forestali e pianificazione urbanistica

Come già evidenziato dal Gruppo di Lavoro "Gestione incendi Boschivi" della SISEF, "i piani urbanistici dettano le linee per l'espansione dei centri abitati, in coerenza con le normative e i vincoli regionali e nazionali, ma non tengono in considerazione il rischio legato agli incendi boschivi.

[... Omissis...]

La stessa attenzione deve essere indirizzata alla rete stradale che svolge un ruolo fondamentale nel garantire la sicurezza della logistica dei mezzi di soccorso in caso di incendi di elevata intensità (si ricorda quanto accaduto in Portogallo nel 2017, con un numero elevato di morti a ridosso di un'arteria stradale)". Anche infrastrutture forestali che assolvono importanti funzioni in relazione alla sicurezza dei fruitori dei boschi urbani e peri-urbani, o per la protezione dagli incendi, o per finalità di protezione civile dovrebbero essere considerate in certi ambiti della pianificazione urbanistica (Laschi et al. 2019).

Impostazione di una banca dati della viabilità forestale, complementare alla cartografia forestale nazionale

La raccolta e disponibilità di inventari e informazioni sulla rete viabile forestale rappresenta un punto chiave per lo sviluppo di sistemi di gestione avanzata delle attività forestali e delle emergenze (Cavalli et al. 2013). A tale scopo è di cruciale importanza creare un modello standardizzato per la raccolta e gestione dei dati, che tenga conto anche delle diverse funzioni svolte nei differenti ambienti. I Gruppi di Lavoro auspicano che si possa creare uno schema di raccolta delle informazioni che segua dei requisiti minimi nazionali per la viabilità forestale e le opere connesse.

La banca dati nazionale potrebbe quindi fornire informazioni affidabili e coerenti sull'intero territorio nazionale per il Rapporto Nazionale sulle Foreste e sul settore Forestale.

Considerazioni finali

Il presente lavoro ha dettagliato alcuni tra i più rilevanti aspetti che riguardano la viabilità forestale e le opere connesse.

La viabilità forestale è oggetto di sempre maggiore attenzione in quanto è vista come una infrastruttura che si inserisce in modo netto all'interno e ai margini delle aree forestali. Proprio per tale motivo, il presente lavoro si è posto l'obiettivo di chiarire l'importanza della viabilità, ribadendone il suo ruolo fondamentale per la gestione e la conservazione degli ambienti forestali e degli ambienti a questi continui.

La funzionalità della viabilità forestale e delle opere connesse si concretizza tramite lo sviluppo di una rete infrastrutturale con standard costruttivi ben precisi e opportuni a garantire l'accesso a diverse tipologie di mezzi e contenendo al minimo il disturbo all'ambiente in cui si inserisce. A tal fine è importante sottolineare che una viabilità forestale ben pianificata, costruita e mantenuta garantisce la mitigazione degli impatti.

Il ruolo della pianificazione è strategico per la valorizzazione della viabilità forestale ed in particolare con l'obiettivo di sviluppare e mantenere una rete infrastrutturale efficiente e dimensionata in modo adeguato alle esigenze gestionali, di protezione e di conservazione. La presenza di una efficiente rete viaria principale può essere strategica nella gestione delle emergenze nelle aree forestali e in termini più ampi nelle aree pastorali e rurali continue alle aree forestali.

Con questo lavoro si auspica quindi poter fornire alcune utili riflessioni al gruppo di lavoro istituito dalla Direzione Generale delle Foreste (DiFOR) per la predisposizione dei decreti attuativi del TUFF inerenti la viabilità forestale.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la Direzione Generale delle Foreste (DiFOR) che ha richiesto l'elaborazione di un documento di sintesi sulla tematica e gli aderenti ai Gruppi di Lavoro SISEF "Tecnologia del legno e utilizzazioni forestali" (coord. R. Zanuttini, Univ. Torino) e "Infrastrutture, risorse umane e innovazione per la gestione forestale sostenibile" (coord. E. Marchi, Univ. Firenze) che hanno fornito utili suggerimenti e commenti durante la predisposizione di questo documento.

Bibliografia

Bloser S, Creamer D, Napper C, Scheetz B, Ziegler T (2012). Environmentally sensitive road maintenance practices for dirt and gravel roads. USDA Forest Service, San Dimas, CA, USA. [online] URL: <http://trid.trb.org/view/1311240>

Calvani G, Marchi E, Piegai F, Tesi E (1999). Funzioni, classificazione, caratteristiche e pianificazione della viabilità forestale per l'attività di antincendio boschivo. *L'Italia Forestale e Montana* 54: 109-125.

Cambi M, Certini G, Neri F, Marchi E (2015). The impact of heavy traffic on forest soils: a review. *Forest Ecology and Management* 338: 124-138. - doi: [10.1016/j.foreco.2014.11.022](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.022)

Cavalli R, Amishev D (2019). Steep terrain forest operations - challenges, technology development, current implementation, and future opportunities. *International Journal of Forest Engineering* 21: 1-7. - doi: [10.1080/14942119.2019.1603030](https://doi.org/10.1080/14942119.2019.1603030)

Cavalli R, Cappellari E, Grigolato S (2010). Metodologia per la valutazione delle esigenze di viabilità silvo-pastorale in un contesto montano. *L'Italia Forestale e Montana* 65: 313-330. - doi: [10.4129/ifm.2010.3.04](https://doi.org/10.4129/ifm.2010.3.04)

Cavalli R, Grigolato S (2010). Influence of characteristics and

extension of a forest road network on the supply cost of forest woodchips. *Journal of Forest Research* 15: 202-209. - doi: [10.1007/s10310-009-0170-4](https://doi.org/10.1007/s10310-009-0170-4)

Cavalli R, Grigolato S, Pellegrini M, Ciesa M, Albergucci M, Cappellari E (2013). La viabilità forestale in Veneto. Stato dell'arte e prospettive future. Regione del Veneto - Unità di Progetto Foreste e Parchi, Mestre, Venezia.

Chelazzi C, Brachetti Montorselli N (2009). Leggi regionali e viabilità forestale. In: "Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura". Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 1073-1078. [online] URL: http://www.digiec.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/598_2011_285_13615.pdf

Cielo P, Gottero F, Morera A, Terzuolo P (2003). La viabilità agro-silvo-pastorale: elementi di pianificazione e progettazione. IPLA, Regione Piemonte, pp. 112.

Ciesa M, Grigolato S, Cavalli R (2014). Analysis on vehicle and walking speeds of search and rescue ground crews in mountainous areas. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* 5-6: 48-57. - doi: [10.1016/j.jort.2014.03.004](https://doi.org/10.1016/j.jort.2014.03.004)

Enache A, Kühmaier M, Visser R, Stampfer K (2016). Forestry operations in the European mountains: a study of current practices and efficiency gaps. *Scandinavian Journal of Forest Research* 31: 412-427. - doi: [10.1080/02827581.2015.1130849](https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1130849)

Grigolato S, Mogni O, Cavalli R (2017). GIS applications in forest operations and road network planning: an overview over the last two decades. *Croatian Journal of Forest Engineering* 38: 175-186. [online] URL: http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=281454&lang=en

Grigolato S, Pellegrini M, Cavalli R (2013). Temporal analysis of the traffic loads on forest road networks. *iForest - Biogeosciences and Forestry* 6 (5): 255-261. - doi: [10.3832/ifor0773-006](https://doi.org/10.3832/ifor0773-006)

Hayati E, Majnounian B, Abdi E, Ehsan Abdi Sessions J, Makhdom M (2013). An expert-based approach to forest road network planning by combining Delphi and spatial multi-criteria evaluation. *Environmental Monitoring and Assessment* 185: 1767-1776. - doi: [10.1007/s10661-012-2666-1](https://doi.org/10.1007/s10661-012-2666-1)

Heinimann HR (2017). Forest road network and transportation engineering - State and perspectives. *Croatian Journal of Forest Engineering* 38: 155-173. [online] URL: http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=281451&lang=en

Hippoliti G (1976). Sulla determinazione delle caratteristiche della viabilità forestale. *L'Italia Forestale e Montana* 31 (3): 241-255.

Hippoliti G (1998). Precisazione su alcune caratteristiche di piste e strade forestali. *Monti e Boschi* 6: 40-41.

Laschi A, Foderi C, Fabiano F, Neri F, Cambi M, Mariotti B, Marchi E (2019). Forest road planning, construction and maintenance to improve forest fire fighting: a review. *Croatian Journal of Forest Engineering* 40: 207-219.

Laschi A, Neri F, Montorselli NB, Marchi E (2016). A methodological approach exploiting modern techniques for forest road network planning. *Croatian Journal of Forest Engineering* 37: 319-331. [online] URL: <http://hrcak.srce.hr/173832?lang=en>

Lugo AE, Gucinski H (2000). Function, effects, and management of forest roads. *Forest Ecology and Management* 133: 249-262. - doi: [10.1016/S0378-1127\(99\)00237-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00237-6)

Marchi E, Chung W, Visser R, Abbasd D, Nordffjell T, Mederski PS, McEwan A, Brink M, Laschi A (2018). Sustainable Forest Operations (SFO): A new paradigm in a changing world and climate. *Science of the Total Environment* 634: 1385-1397. - doi: [10.1016/j.scitotenv.2018.04.084](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.084)

Marchi E, Spinelli R (1997). L'impatto ambientale delle strade forestali. *L'Italia Forestale e Montana* 52: 221-239.

Picchio R, Pignatti G, Marchi E, Latterini F, Benanchi M, Foderi C, Venanzi Re Verani S (2018). The application of two approaches using GIS technology implementation in forest road network planning in an Italian mountain setting. *Forests* 9 (5): 277. - doi: [10.3390/f9050277](https://doi.org/10.3390/f9050277)

Regione Piemonte (2016). Linee guida per la progettazione e la costruzione di piste e strade in ambito forestale. Settore Foreste, Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Montagna, Foreste, Protezione Civile, Trasporti e Logistica. Regione Pie-

monte, Torino.

Sitzia T, Campagnaro T, Grigolato S (2016). Ecological risk and accessibility analysis to assess the impact of roads under Habi-

tats Directive. *Journal of Environmental Planning and Management* 59: 2251-2271. - doi: [10.1080/09640568.2016.1140023](https://doi.org/10.1080/09640568.2016.1140023)